

WPŁYW MĄCZKI GRANITOWEJ JAKO WYPEŁNIACZA W CEMENCIE NA WŁAŚCIWOŚCI BETONU

Elżbieta JANOWSKA-RENKAS
Politechnika Opolska, Opole

1. Wprowadzenie

Rozwój technologii betonu na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat jest imponujący, zwłaszcza w krajach wysoko uprzemysłowionych, które prześcigają się w realizacjach coraz to doskonalszych konstrukcji betonowych [1-3]. Betony najnowszej generacji charakteryzujące się wysoką wytrzymałością na ściskanie po 28 dniach (60 - 100 MPa), dużą trwałością pod względem szczelności, czyli niską przepuszczalnością mediów ciekłych i gazowych jak również wysoką odpornością na ścieranie [4-7].

Osiągnięcie takich parametrów możliwe jest dzięki zastosowaniu dodatków mineralnych [4-7] i domieszek chemicznych [8-9], które wpływają na poprawę właściwości świeżej mieszanki betonowej jak i stwardniałego betonu.

Jednym z takich materiałów może być mączka granitowa. Rozdrobniona do powierzchni właściwej wg Blaine'a ok. 400 m²/kg może stanowić składnik betonu w postaci wypełniacza wpływającego na urabialność świeżej mieszanki betonowej i właściwości stwardniałego betonu. Mączka granitowa jako składnik odpadowy jest pozyskiwana przy oczyszczaniu kruszywa granitowego, wykorzystywanego w produkcji masy asfaltowej w drogownictwie. Do tej pory nie była wykorzystywana do produkcji betonów ze względu na obecność zanieczyszczeń organicznych w wydobywanym granicie. Jednak oczyszczona z zanieczyszczeń i rozdrobniona do powierzchni porównywalnej bądź większej od powierzchni właściwej cementu, w przyszłości może stanowić tani, ekologiczny i ekonomiczny składnik betonów XXI wieku.

W pracy wykonano badania określające wpływ rozdrobnionej mączki granitowej na właściwości betonów modyfikowanych udziałem superpastyfikatora najnowszej generacji.

2. Materiały do badań

Do wykonania mieszanek betonowych zastosowano następujące składniki:

- cement portlandzki wapienny CEM II/A-LL 42,5R,
- kruszywo naturalne o maksymalnym uziarnieniu do 8 mm. Kruszywo dobrano metodą granic krzywych przesiewu zgodnie z normą DIN 1045 o punkcie piaskowym równym 40 %. Procentowy udział kruszywa, dla poszczególnych frakcji, wynosił odpowiednio: piasek drobny 0/1 mm – 10%, piasek średni 1/2 mm – 25%, żwir 2/4 mm – 25 %, natomiast żwir o frakcji 4/8 mm – 40 %. Dla każdej z frakcji gęstość stosowanego kruszywa wynosiła $\rho=3,0 \text{ kg/dm}^3$,
- superplastyfikator ViscoCrete 20HE stosowano w ilości 1% mas. w stosunku do masy cementu,

- mączka mineralna granitowa (bez zanieczyszczeń), rozmielona do powierzchni właściwej wg Blaine'a 400 m²/kg, stosowana w ilości 50% mas w stosunku do masy cementu.

Skład mieszanki betonowej podano w tabeli 1.

Tabela 1. Skład mieszanki betonowej

Składniki	Ilość składników na 1m ³ w stanie suchym [kg]
Cement CEM II/A-LL 42,5 R	360
Mączka mineralna granitowa	180
Piasek drobny 0-1 mm	173
Piasek średni 1-2 mm	433
Żwir 2-4 mm	433
Żwir 4-8 mm	693
Woda	160 l
Superplastyfikator Visco Crete 20 HE 1% m.c.	3,6
Razem	2435,6

W pracy wykonano 4 serie betonów:

B1 - na bazie cementu portlandzkiego wapiennego CEM II/A-LL 42,5R,

B2 - na bazie cementu portlandzkiego wapiennego CEM II/A-LL 42,5R z dodatkiem 1 % mas. superplastyfikatora A,

B3 - na bazie cementu portlandzkiego wapiennego CEM II/A-LL 42,5R z dodatkiem 50 % mas. mączki mineralnej granitowej,

B4 - na bazie cementu portlandzkiego wapiennego CEM II/A-LL 42,5R z dodatkiem 50 % mas. mączki mineralnej granitowej oraz 1 % mas. superplastyfikatora A.

3. Metody badań

Badania wykonano dla świeżych mieszanek betonowych i stwardniałego betonu. Dla świeżej mieszanki betonowej wykonano badania konsystencji metodą Vebe zgodnie z PN-EN 12350-3 „Badania mieszanki betonowej. Część 3: Badanie konsystencji metodą Vebe”. Mieszanki betonowe dla 4 serii betonu, charakteryzowały się jednakową - wilgotną konsystencją (V0). Dla stwardniałego betonu przeprowadzono badania: wytrzymałości na ściskanie po 1, 7, 14, 28 i 90 dniach dojrzewania betonu zgodnie z PN-EN12390-3 „Badanie betonu. Część 3: Wytrzymałość na ściskanie”; badania penetracji wody pod ciśnieniem zgodnie z PN-EN12390-8 „Badanie betonu. Część 8: Głębokość penetracji pod ciśnieniem”. Badania mrozoodporności przeprowadzono metodą polską zgodnie z normą PN-88/B-06250 po 28 dniach dojrzewania betonów.

4. Wyniki badań i ich interpretacja

Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie próbek betonowych B1, B2, B3 i B4 przedstawiono w tabeli 2.

Na podstawie uzyskanych wyników badań betonów B1, B2, B3 i B4 można stwierdzić, że zastosowanie domieszki chemicznej nowej generacji i mączki granitowej znacznie zwiększa wytrzymałość betonu w całym zakresie badanej wytrzymałości określonej od 3 do 90 dni (tab. 2).

Jest to wzrost rzędu 25% w porównaniu do betonu B1, który po 3 dniach dojrzewania, osiągnął wytrzymałość 27 MPa. Natomiast w późniejszym okresie czasu (po 90 dniach) 59,2 MPa. Najniższą wytrzymałość uzyskano dla betonu bez dodatków (B1), wytrzymałość po 28 dniach wyniosła 51,2 MPa. Pozostałe betony uzyskały wyższe wytrzymałości od

betonu B1 o 13 % dla betonu B2 - z udziałem superplastyfikatora oraz ok. 3 % dla betonu B3 - z dodatkiem mączki granitowej.

Tabela 2. Wytrzymałość na ściskanie badanych betonów

Rodzaj betonu	Wytrzymałość na ściskanie [MPa] po dniach:				
	3	7	14	28	90
B1	27,0	40,1	44,2	51,19	52,3
B2	35,1	42,2	47,1	52,2	55,3
B3	28,2	40,8	45,8	51,8	54,6
B4	39,5	46,3	51,2	55,6	59,2

Badania wykazały, że mączka granitowa wpływa na przyrost wytrzymałości betonów z jej udziałem (tab. 2) oraz na zmniejszenie wodoprzepuszczalności (tab. 3).

Tabela 3. Wyniki badania wodoprzepuszczalności badanych betonów

Przepuszczalność wody przez beton	Rodzaj betonu			
	B1	B	B3	B4
Głębokość penetracji wody [cm]	4,5	3,9	4,0	2,5

Głębokość penetracji wody w głąb betonu B4 była ponad dwukrotnie mniejsza (2,5 cm) od głębokości wody, która wniknęła w głąb betonu B1 na bazie czystego cementu. Głębokość wody, która wniknęła w wewnętrzną strukturę betonu B1 wynosiła 4,5 cm. Znacznie mniejszą ilość wody stwierdzono w wewnętrznych strukturach betonu B3 z udziałem mączki granitowej (4,0 cm), a także betonu B2 z dodatkiem superplastyfikatora (3,9 cm). Najbardziej szczelny okazał się beton B4 z udziałem mączki granitowej i superplastyfikatora. Dzięki zastosowanej do betonu mączce zmniejszyła się głębokość penetracji wody w głąb betonu B4). Uzyskane wyniki badań wytrzymałości na ściskanie oraz penetracji wody w głąb betonu świadczą o wytworzeniu bardzo szczelnej mikrostruktury w betonach z jej udziałem.

Tabela 4. Masa złuszczonego materiału przed i po badaniu mrozoodporności betonów

Rodzaj betonu	Ubytek masy [g]	Spadek masy [%]
B1	9	0,12
	9	0,12
	11	0,14
B2	4	0,06
	6	0,08
	6	0,08
B3	3	0,04
	4	0,05
	3	0,04
B4	1	0,01
	1	0,01
	0	0,0

Wyniki badań mrozoodporności betonów (B1 – B4) określone masą złuszczonego materiału z betonów poddawanych zamrażaniu zestawiono w tabeli 4. Natomiast wyniki badań wytrzymałości na ściskanie betonów poddanych badaniu mrozoodporności i próbek świadków przedstawiono w tabeli 5.

Wyniki badań odporności badanych betonów na działanie mrozu wykazały, że masa próbek po zamrażaniu nieznacznie różni się od masy próbek przed badaniem odporności na działanie mrozu, a różnica wynosi zaledwie 0,01 % w przypadku betonu B4 zarówno z dodatkiem superplastyfikatora jak i mączki granitowej, 0,04-0,05% dla betonu B3 z dodatkiem mączki granitowej, 0,08 % dla betonu B2 z udziałem superplastyfikatora oraz 0,12-0,14% dla betonu B1 z czystego cementu.

Tabela 5. Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie betonów po badaniu mrozoodporności i próbek świadków

Rodzaj betonu	Wytrzymałość na ściskanie po badaniu mrozoodporności [MPa]	Wytrzymałość na ściskanie próbek „świadków” [MPa]
B1	50,8	51,0
	50,1	50,9
	50,9	51,3
B2	52,0	52,2
	51,8	51,9
	51,4	51,5
B3	51,9	52,0
	51,3	51,6
	51,1	51,4
B4	55,4	55,5
	53,1	53,3
	54,9	55,4

Betony z dodatkiem superplastyfikatora po 50 cyklach zamrażania i odmrażania wykazały niemalże taką samą wytrzymałość na ściskanie jak próbki „świadki”. Zgodnie z wytycznymi normy PN-88/B-06250 beton można zaklasyfikować do danego stopnia mrozoodporności, jeżeli po określonej liczbie cykli zamrażania i odmrażania spełnia następujące warunki :

- oględziny wykazują brak pęknięć i utraty monolityczności próbki,
- łączna masa ubytków betonu nie przekracza 5% masy próbek nie zamrażanych,
- obniżenie wytrzymałości na ściskanie w porównaniu do wytrzymałości próbek nie zamrażanych nie jest większa niż 20%.

Betony B1, B2, B3 i B4 spełniły powyższe warunki, osiągając klasę mrozoodporności F50.

Badania wykazały korzystny wpływ mielonej mączki granitowej na właściwości betonu co czyni ten składnik „porównywalnym” nawet ze stosowanymi w technologii betonu dodatkami mineralnymi (popioły lotne, żużle wielkopieczowe). Dlatego zastosowanie mączki granitowej, stanowiącej materiał odpadowy, do produkcji betonu mogłaby znacznie obniżyć koszty jego produkcji przy jednoczesnym zwiększeniu trwałości stwardniałego betonu.

5. Wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników badań można stwierdzić, że mączka granitowa obok superplastyfikatora wpływa na:

- znaczny wzrost wytrzymałości na ściskanie betonu zarówno początkowej jak i końcowej (po upływie 90 dni), w porównaniu do betonu z czystego cementu CEM II,
- zwiększenie wodoszczelności, głębokość penetracji wody w betonie z jej udziałem była dwukrotnie mniejsza niż dla betonu z czystego cementu,
- zwiększenie odporności na działanie mrozu. Próbki nie wykazały pęknięć, ubytków masy oraz utraty monolityczności. Badanie wytrzymałości na ściskanie wykazało, że betony poddane 50 cyklom zamrażania i rozmrażania uzyskały wyniki prawie identyczne jak dla próbek „świadków” (nie poddanych zamrażaniu).

Literatura

- [1] Aitcin P.-C.: Cements of yesterday and today: Concrete of tomorrow. *Cem. Concr. Res.*, 30, 9, 2000, 1349-1359.
- [2] Neville A.M.: *Właściwości betonu*. Polski Cement, Kraków, 2000.
- [3] Okamura H., Ozawa K., Ouchi M.: Self-Compacting Concrete. *Structural Concrete*, 1, 3-17, 2000.
- [4] Kurdowski W.: *Chemia cementu*, PWN, Warszawa 1991.
- [5] Peukert S., Garbacik A.: *Cementy krajowe na progu XXI wieku-stan aktualny, perspektywy*. Milenium 2000, Kraków, 125-146, 2000.
- [6] Janowska-Renkas E., Skrzypczyk T.: Trwałość betonu z cementu CEM II/A-LL 42,5 R, *Roczniki Inżynierii Budowlanej – Zeszyt 9*, 83-88, 2009.
- [7] Ludwig H.M., Weise F., Hemrich W., Ehrlich N.: Self-Compacting Concrete-Principles and Practice. Investigation into the asic Mix Formulation, Comparison of SCC and Various Vibrated Concretes, SCC with Different Filler Components, SCC with Air Pores, Stabilization of SCC. *BFT*, 6, 58-67, 2001.
- [8] Borsoi A., Collepardi S, Copolla L., Troli R.,Collepardi E.M.: Advances in superplasticizers for concrete mixtures. *Il Cemento*, 1999, t. 69, 3, 234-244.
- [9] Malhotra V.M.: Innovative applications of superplasticizers in concrete-a review. *Il cemento*, 1999, 69, 4(742), 318-337.

THE INFLUENCE OF GRANITE POWDER FILLER ON CONCRETE PROPERTIES

Summary

The paper presents the results of studies concerning influence of granite powder filler and a superplasticizer of the newest generation on concrete's properties. An improvement of properties of concrete using both: the powder and superplasticizer was show in the article. Increasing strength, frost resistance and reducing permeability one for the concrete with granite powder filler and compared to the pure cement concretes containing CEM II A / LL.